

## РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПНЕВМОПОДВЕСОК ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Капуста П.П., Швец И.В.

УО «Белорусский национальный технический университет», Минск

Расчет разрабатываемых конструкции стальных опор произведен методом конечных элементов на пакете NASTRAN. Конечноэлементная модель создана в пре/постпроцессоре PATRAN на основе геометрической трехмерной модели, выполненной в пакете трехмерного моделирования Unigraphics.

Были рассмотрены различные опоры, используемые в автомобилях МАЗ.

На рис. 1 представлена трехмерная модель старой серийной подвески полуприцепа с линейной опорой.

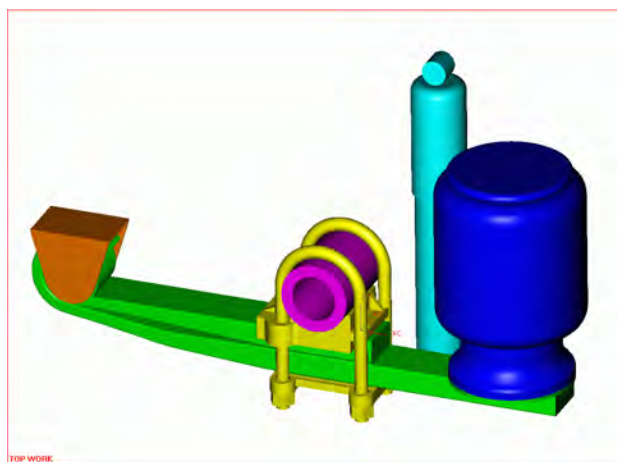


Рисунок 1

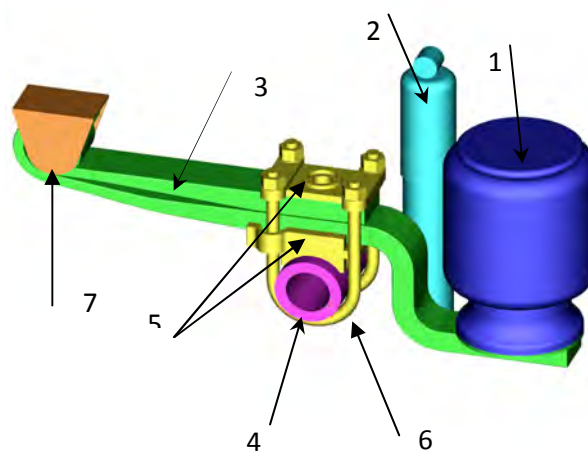


Рисунок 2

На рис. 2 представлена трехмерная модель новой серийной подвески полуприцепа: 1 – упругое звено, 2 – гидроамортизатор, 3 – опора новая серийная (криволинейная). Усилия от дороги передаются на ось полуприцепа (поз. 4), далее через соединительные кронштейны (поз. 5), стянутые стремьями (поз. 6), на опору, а от нее – через шарнир (поз. 7) и пневмоэлемент на раму.

Данные, полученные с помощью конечноэлементного расчета, позволяют оценить нагруженность деталей, а по местам локализации наибольших значений полей напряжений можно определить локальные опасные по усталости элементы деталей.

Результаты проектных расчетов подтверждены экспериментальными дорожными испытаниями.

В результате проведенного расчета были получены картины распределения перемещений и напряжений в деталях подвески полуприцепа при статическом нагружении из условия приходящейся на ось нагрузки в 8000 кг. Напряжения в листах опоры оказались значительно меньше предела текучести (для стали 50ХГФА 1325 МПа). В нижнем листе опоры эквивалентные напряжения составили 110 МПа в месте присоединения к кронштейнам и 103 МПа в месте присоединения пневмобаллона, а также кромочное напряжение 110 МПа в районе отверстия для стягивания листов опоры. В нижнем листе в зоне сгибов имеются остаточные напряжения отковки, которые при данном статическом расчете не учитывались. Их учет возможен только после отработки соответствующего технологического процесса. Эти напряжения впоследствии могут быть учтены как расчетным путем, так и в результате стендовых усталостных испытаний натурных конструкций рессор или локальных моделей, опасных с точки зрения усталостных зон.

Данное исследование позволяет предварительно оценить нагруженность листов опоры при выбранном режиме нагружения. Для более точной оценки необходимо уточнить режим нагружения с учетом динамических влияний внешних возмущений, а также учесть остаточные напряжения в листах послековки.

На рис.3 представлена трехмерная модель исходной штампосварной опоры подвески полупри-

цепы. На рисунке 4 показана задняя часть этой модели, без верхней и нижней полок, чтобы видны были находящиеся внутри соединительные рёбра.

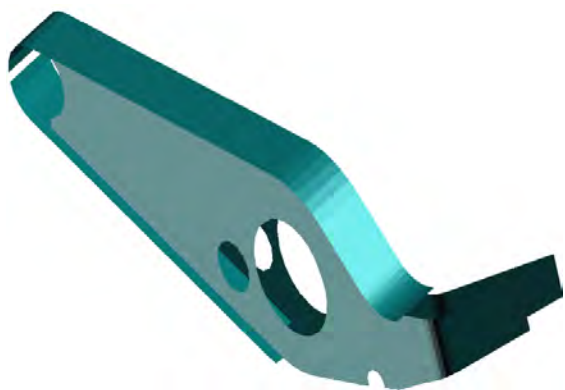


Рисунок 3



Рисунок 4

Рассчитана не только исходная модель штамповарной опоры пневмоподвески, но и ещё два усиленных варианта этой модели с целью сравнения результатов расчёта, полученных методом конечных элементов с данными, полученными в результате стендовых испытаний.

Следующий вариант усиления конструкции – создание коробчатого сечения в задней части опоры, т.е. введенные рёбра для усиления соединены пластиной, продленной до амортизатора в нижней части стенок, что и показывает рис. 5.

Кроме приведенных выше моделей опоры рассчитана новая модель опоры, у которой толщина всех составляющих, в отличие от исходной модели, равна не 8 мм, а 6 мм, а также отсутствуют внутри соединительные рёбра. Верхняя и нижняя полки опоры доходят до конца стенок, что показывает рис. 6.



Рисунок 5

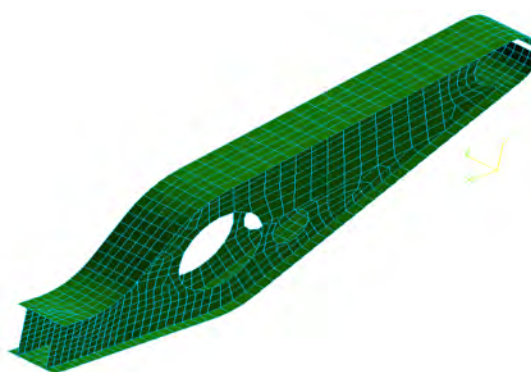


Рисунок 6

К концу опоры прикреплен швеллер с рёбрами, соединяющими нижнюю полку швеллера с кругом крепления пневмобаллона (рис. 7).

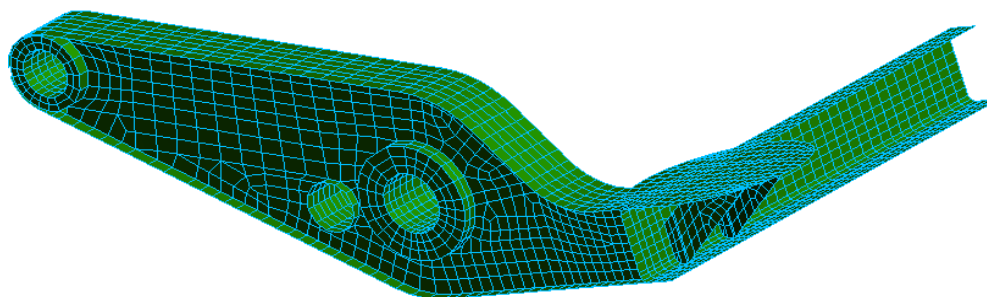


Рисунок 7

Все модели штамповарной опоры пневмоподвески просчитаны при одинаковых условиях закрепления и нагружения, за исключением опоры со швеллером, где на срединное сечение накладываются ещё условия симметричности, т.к. считается половина модели.

В результате расчётов определено напряжённо–деформированное состояние штамповарных опор: исходной, исходной, усиленной рёбрами и коробчатым сечением и опоры со швеллером. Наиболее нагруженной зоной является место крепления круга пневмобаллона к верхней полке опоры, т.к. именно в этом месте происходит изменение геометрических параметров (толщины, кривизны). Ещё эта зона усугубляется наличием сварного шва, который при расчёте не учитывается. Указанный факт следует иметь в виду.

Распределение эквивалентных напряжений в критической зоне анализируемых опор представлено следующими рисунками: рисунок 8 показывает эквивалентные напряжения задней части исходной модели. Максимальное значение напряжения, равное 443 МПа, возникает у верхней кромки внутренней стенки опоры, на изгибе, рядом с концом верхней полки. Указанная величина превышает предел текучести, который для материала 10ХСНД равен 390 МПа, в 1,14 раза. На этой же стенке, снизу, у отверстия под амортизатор, имеют место напряжения, также превышающие предел текучести. Поэтому здесь будет наблюдаться разрушение, которое подтверждено стендовыми испытаниями.

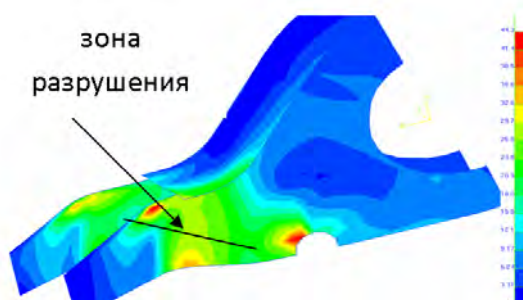


Рисунок 8

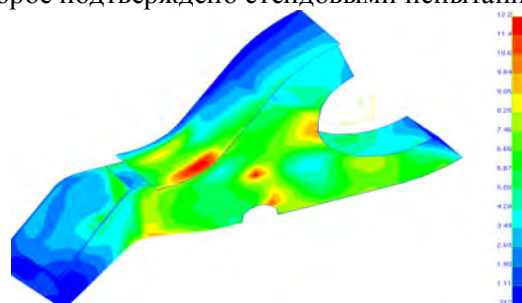


Рисунок 9

Введение в критической зоне поперечных пластин, т.е. рёбер толщиной 6 мм снижает уровень напряжений в верхней части стенки и у отверстия под амортизатор, как показывает рисунок 8, до 200 МПа и 275 МПа, соответственно. Ещё появляется зона увеличенных напряжений на нижней кромке внутренней стенки, за упрочняющей пластиной, в которой значение достигает 294 МПа, что в 1,3 раза меньше допустимых.

Дальнейшее усиление исходной модели путём соединения снизу усиливающих рёбер пластиной, продлённой до амортизатора, создавая, таким образом, в этом месте коробчатое сечение, ещё больше снижает максимальное напряжение до 122 МПа. Откуда видно, что нагружаются зоны внутренней стенки у нижней границы крепления усиливающего ребра, у отверстия под амортизатор, у верхней границы поперечного ребра, находящегося снизу за втулкой, и зона верхней полки, прилегающая к внутренней стенке в месте её изгиба. При таком усилении исходной модели уровень напряжений меньше допустимых в 3,2 раза.

Расчёт и анализ напряжённого состояния новой модели опоры, со швеллером, показывает рисунок 10, откуда видна локальная зона увеличенных напряжений до 237 МПа. Это место соединения верхней полки с внутренней стенкой, у ближайшего изгиба от места крепления круга под пневмобаллон.

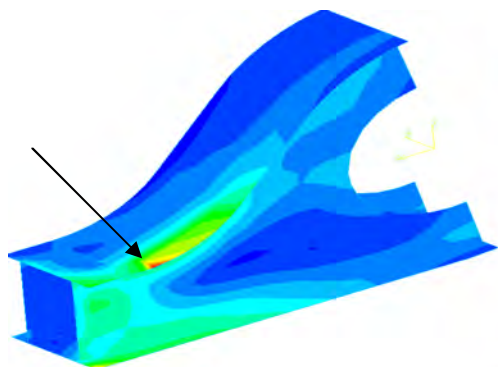


Рисунок 10

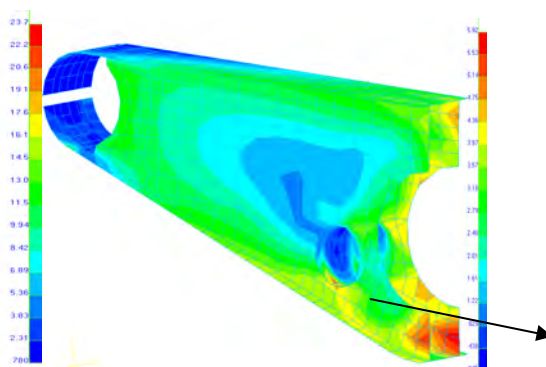


Рисунок 11

Значение напряжений в передней части всех опор невелико, и, как показывает рисунок 11, значение их 59 МПа - самое большое.

Три последние модели штамповарных опор удовлетворяют условиям прочности. Полученные данные подтверждаются стендовыми испытаниями.

На основе мирового опыта были предложены новые конструкции прокатных стальных опор пневмоподвески, адаптированные под серийные автомобили МАЗ, разработанные на базе опыта фирмы BPW, специализирующейся на проектировании конструкций пневмоподвески. Создана 3D-модель опоры в SolidWorks (рис. 12, 13).

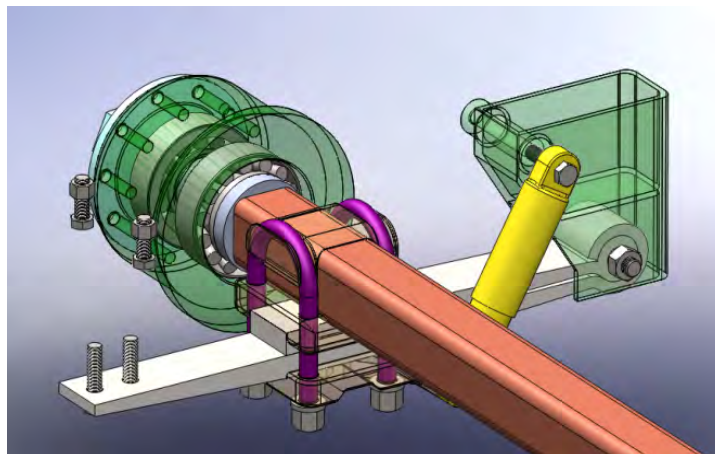


Рисунок 12

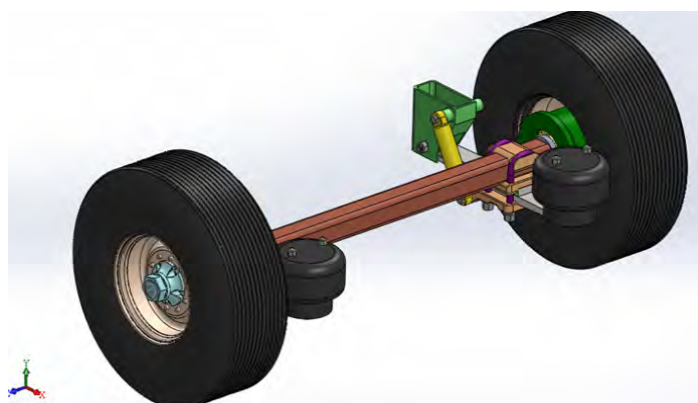


Рисунок 13

Далее были предложены новые конструкции опор пневмоподвески, разработанные с учетом технологических возможностей МАЗа, на основе моделей компании SAF, специализирующейся на изготовлении интегрированных систем подвесок с исключительными характеристиками и эффективностью. Создана 3D-модель штамповарной опоры в SolidWorks (рис. 14, 15).



Рисунок 14

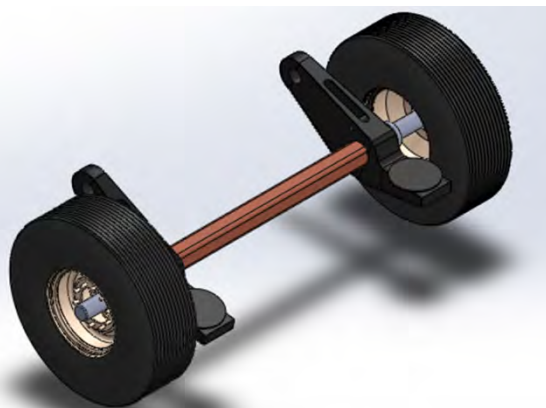


Рисунок 15



Проведен предварительный расчет методами сопромата, а также расчёт и анализ напряжённого состояния опоры (рис. 16).

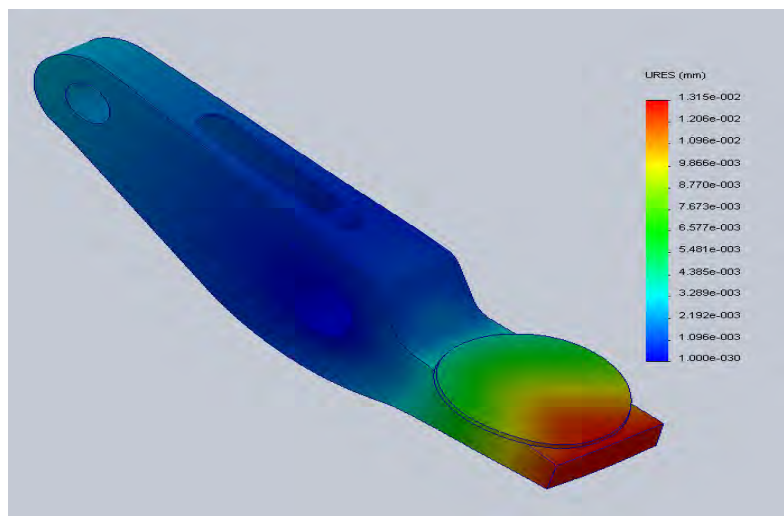


Рисунок 16

Предложены рекомендации для дальнейших более точных расчетов, учитывающих случайный характер нагружения подвески автомобиля, и проверке их на виртуальных и стендовых испытаниях.

### Резюме

Представлены трехмерные модели прямолинейных, криволинейных и штампованных опор, рекомендации по улучшению конструкции базовой штампованной опоры и предложена новая модель опоры. Также представлены перспективные модели опор пневмоподвесок, разработанные на основе конструкций мировых лидеров.

### Литература

1. Капуста П. П. Вероятностная оценка характеристик сопротивления усталости деталей на стадии проектирования машин: Учебно-методическое пособие для ВТУЗов.– Минск.: УП «Технопринт», 2001.– 97 с.
2. ГОСТ 25.504-82.Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости. – Введ. 01.07.83. –М.: Изд-во стандартов, 1983.–81 с.
3. Марочник сталей и сплавов/ В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; Под общ.ред. В.Г. Сорокина.- М.: Машиностроение, 1989.
4. MSC/NASTRAN Version 68 Reference Manual.- The MacNeal-Schwendler Corporation, 1996.
5. Биргер И.А. и др. Расчет на прочность деталей машин: Справочник/ И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр, Г.Б. Иосилевич.- М.: Машиностроение, 1993.
6. Конструкционные материалы: Справочник/ Б.Н. Арзамасов, В.А. Брострем, Н.А. Буше и др.; Под общ.ред. Б.Н. Арзамасова.- М.: Машиностроение, 1990.

### Summary

*Represented by three-dimensional models of straight, curved and built-up steel supports, recommendations for improvements in the design of basic stamp-reliance support and a new model of support. Also the prospective model supports air suspension arms, developed on the basis of structures of world leaders.*

Поступила в редакцию 13.05.2012